

JP2000318416

Publication Title:

VEHICULAR CHARACTERISTIC DETECTION DEVICE AND CONTROL
DEVICE OF VEHICLE MOUNTING THIS DEVICE

Abstract:

Abstract of JP2000318416

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately grasp a vehicular running characteristic, in a vehicular characteristic detection device for detecting the vehicular running characteristic. **SOLUTION:** Wheel speed sensors 12a-12d for outputting a signal responding to a wheel speed and pressure sensors 14a-14d for outputting the signal responding to the air pressure of a tire are provided on a wheel. The frequency of the output signal of the wheel speed sensors 12a-12d is analyzed and the resonance frequency of upper/lower direction and front/rear direction under the car body spring is grasped. The spring constant K under the car body spring is calculated from such resonance frequency. Based on the relation between the air pressure P on the tire and spring constant K, the kind of the tire is specified and the deterioration of the tire and suspension and the softening of the tire are generated.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-318416

(P2000-318416A)

(43) 公開日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード*(参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------|
| B 6 0 C 23/00 | | B 6 0 C 23/00 | Z 3 D 0 0 1 |
| B 6 0 G 17/00 | | B 6 0 G 17/00 | 3 D 0 3 2 |
| B 6 0 T 8/24 | | B 6 0 T 8/24 | 3 D 0 3 4 |
| 8/58 | | 8/58 | Z 3 D 0 4 5 |
| B 6 2 D 6/00 | | B 6 2 D 6/00 | 3 D 0 4 6 |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-334923

(22) 出願日 平成11年11月25日 (1999. 11. 25)

(31) 優先権主張番号 特願平11-58951

(32) 優先日 平成11年3月5日 (1999. 3. 5)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地
の1

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

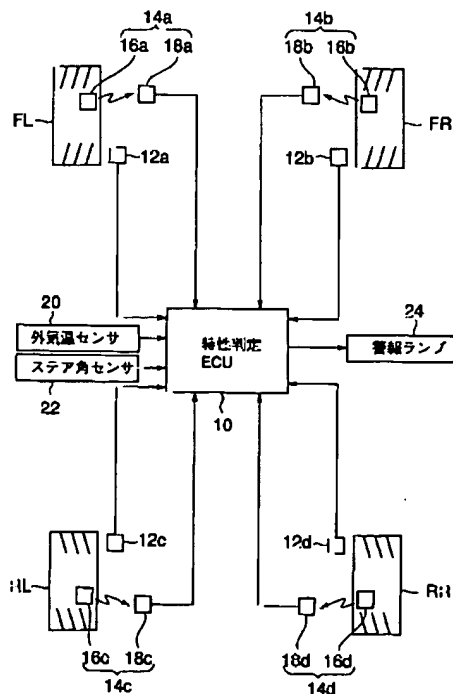
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両特性検出装置及びこの装置を搭載する車両の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、車両の走行特性を検出する車両特性検出装置に関し、車両の走行特性を正確に把握することを目的とする。

【解決手段】 車輪に、車輪速に応じた信号を出力する車輪速センサ12a~12d、および、タイヤの空気圧に応じた信号を出力する圧力センサ14a~14dを設ける。車輪速センサ12a~12dの出力信号を周波数解析し、車体バネ下の上下方向および前後方向の共振周波数を把握する。かかる共振周波数から車体バネ下のバネ定数Kを演算する。タイヤの空気圧Pとバネ定数Kとの関係に基づいて、タイヤの種類を特定すると共に、タイヤやサスペンションの劣化およびタイヤの軟化を把握する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 タイヤの空気圧を検出する空気圧検出手段と、
車体のバネ下部分の共振特性に関するパラメータを検出する共振パラメータ検出手段と、
前記空気圧検出手段により検出された前記空気圧、および、前記共振パラメータ検出手段により検出された前記パラメータに基づいて車両の走行特性を検出する車両特性検出手段と、
を備えることを特徴とする車両特性検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の車両特性検出手段において、
前記共振パラメータ検出手段は、車体のバネ下部分の共振周波数を検出することを特徴とする車両特性検出装置。

【請求項3】 請求項1記載の車両特性検出手段において、
前記共振パラメータ検出手段は、車体のバネ下部分のバネ定数を検出することを特徴とする車両特性検出装置。

【請求項4】 請求項1乃至3の何れか一項記載の車両特性検出装置を搭載する車両の制御装置であって、
前記走行特性検出手段により検出された車両の走行特性に応じて該車両の制御特性を変更する制御特性変更手段を備えることを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項記載の車両特性検出装置を搭載する車両の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両の走行特性を検出する車両特性検出装置、および、この車両特性検出装置を搭載する車両の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば特開平7-69232号に開示される如く、タイヤの空気圧を検出し、その空気圧が基準値以下に低下した場合に車両の制御特性を変更する装置が知られている。タイヤの空気圧が低下している状況下において、例えば後輪操舵制御や旋回挙動制御等の車両制御が、タイヤの空気圧が正常な状態に維持されている場合と同様の条件で行われると、車両の旋回性能が低下し、走行安定性が低下してしまうおそれがある。このため、車両制御を適正に行うためには、タイヤの空気圧を考慮する必要がある。上記従来の装置においては、タイヤの空気圧が基準値以下に低下した場合に、旋回性能や走行安定性の低下が防止されるように車両の制御特性が変更される。従って、上記従来の装置によれば、タイヤの空気圧が低下する場合でも、トラクション、ブレーキ、旋回時における走行性能の低下を防止することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、タイヤの空気圧の正常値は、タイヤの種類に応じて異なる。このた

め、上記従来の装置において走行性能を高水準に維持するためには、タイヤ空気圧の低下を判定するための基準値をタイヤの種類に応じて変化させる必要がある。しかし、上記従来の装置では、タイヤの種類は考慮されていない。

【0004】また、車両の走行特性は、タイヤの空気圧に応じて変化すると共に、タイヤやサスペンションの状態に応じて変化する。すなわち、気温の低下や劣化等に起因してタイヤやサスペンションが硬化したり、あるいは、気温の上昇等によりタイヤが軟化すると、駆動、制動、旋回時における走行性能が低下することになる。このため、走行性能を高水準に維持するためには、タイヤの空気圧だけでなく、タイヤやサスペンションの状態を車両制御に反映させる必要がある。しかし、上記従来の装置では、タイヤの空気圧が検出されるのみで、タイヤの状態やサスペンションの状態は考慮されていない。

【0005】本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、車両の走行特性を正確に把握することが可能な車両特性検出装置を提供することを第1の目的とする。また、かかる車両特性検出装置を搭載する車両を、走行性能を低下させることなく走行特性に応じて適正に制御することが可能な車両の制御装置を提供することを第2の目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的は、請求項1に記載する如く、タイヤの空気圧を検出する空気圧検出手段と、車体のバネ下部分の共振特性に関するパラメータを検出する共振パラメータ検出手段と、前記空気圧検出手段により検出された前記空気圧、および、前記共振パラメータ検出手段により検出された前記パラメータに基づいて車両の走行特性を検出する車両特性検出手段と、を備えることを特徴とする車両特性検出装置により達成される。

【0007】本発明において、タイヤの空気圧が検出されると共に、車体のバネ下部分の共振特性に関するパラメータが検出される。かかる共振特性に関するパラメータは、タイヤの空気圧に応じて変化すると共に、例えばタイヤの種類およびタイヤやサスペンションの状態等の車両の走行特性に応じても変化する。このため、本発明によれば、タイヤの空気圧と、車体バネ下部分の共振特性に関するパラメータとの関係に基づいて、車両の走行特性を正確に検出することができる。

【0008】この場合、請求項2に記載する如く、請求項1記載の車両特性検出手段において、前記共振パラメータ検出手段は、車体のバネ下部分の共振周波数を検出することとしてもよい。また、請求項3に記載する如く、請求項1記載の車両特性検出手段において、前記共振パラメータ検出手段は、車体のバネ下部分のバネ定数を検出することとしてもよい。

【0009】また、上記第2の目的は、請求項4に記載

する如く、請求項1乃至3の何れか一項記載の車両特性検出装置を搭載する車両の制御装置であって、前記走行特性検出手段により検出された車両の走行特性に応じて該車両の制御特性を変更する制御特性変更手段を備えることを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項記載の車両特性検出装置を搭載する車両の制御装置により達成される。

【0010】本発明において、車両には、走行特性を検出する車両特性検出装置が搭載されている。該車両の制御装置において、制御特性は、車両特性検出装置により検出された走行特性に応じて変更される。すなわち、車両の走行特性に適した車両制御が実行される。従って、本発明によれば、車両の走行性能を低下させることなく、車両制御を適正に実行することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施例の車両特性検出装置の構成図を示す。本実施例の車両特性検出装置は、車両特性判定電子制御ユニット（以下、特性判定ECUと称す）10を備えている。特性判定ECU10には、各車輪FL、FR、RL、RRに配設された車輪速センサ12a～12dが接続されている。車輪速センサ12a～12dは、各車輪の車輪速に応じた周期でパルス信号を発生する。特性判定ECU10は、車輪速センサ12a～12dの出力信号に基づいて、各車輪の車輪速Vwfl、Vwfr、Vwrl、Vwrrを検出する。

【0012】各車輪には、車輪を構成するタイヤの内圧に応じた信号を出力する圧力センサ14a～14dが内蔵されている。圧力センサ14a～14dには、送信部16a～16dが設けられている。また、各車輪の近傍には、圧力センサ14a～14dの受信部18a～18dが配設されている。圧力センサ14a～14dの出力信号は、送信部16a～16dから受信部18a～18dに送信される。圧力センサ14a～14dの受信部18a～18dには、特性判定ECU10が接続されている。特性判定ECU10は、圧力センサ14の出力信号に基づいて、各タイヤの内圧、すなわち、各タイヤの空気圧Pを検出する。以下、圧力センサ14a～14dを総称して圧力センサ14と称す。

【0013】特性判定ECU10には、外気温センサ20およびステア角センサ22が接続されている。外気温センサ20は、車両周囲の温度に応じた信号を出力する。ステア角センサ22は、運転者が操作するステアリングホイールの操作角に応じた信号を出力する。特性判定ECU10は、外気温センサ20の出力信号に基づいて外気温Tを検出すると共に、ステア角センサ22の出力信号に基づいてステア角 θ を検出する。また、特性判定ECU10には、警報ランプ24が接続されている。警報ランプ24は、後述する如く車両の走行性能が低下した場合に、特性判定ECU10から供給される駆動信号により駆動される。これにより、車両乗員に対して車

両の走行性能が低下していることを知らせる。

【0014】ところで、車両走行中、車両は、路面表面に形成された微小な凹凸等により上下方向および前後方向に力を受ける。車体と路面との間には、サスペンションやタイヤ等の弾性部材が介装されている。このため、車両が上記の力を受けると、車体のバネ下において上下方向および前後方向の微小な振動が発生する。この場合、微小振動が車輪に伝達され、その微小振動成分が車輪速センサ12の出力信号における共振周波数に現われる。

【0015】図2は、本実施例の車両において、車輪速Vwに対して高速フーリエ変換を行った際の周波数解析の結果を示す。尚、図2において、横軸は周波数(Hz)を、縦軸はパワースペクトル密度G(f)を、それぞれ示している。図2に示す如く、車輪速Vwのパワースペクトル密度G(f)には、2箇所のピーク値が現われる。12Hz～14Hz付近は、車体バネ下の上下方向における共振周波数であり、37Hz～39Hz付近は、車体バネ下の前後方向における共振周波数である。

【0016】タイヤの空気圧が低下すると、タイヤのゴム部のバネ定数が小さくなる。また、タイヤが軟化すると、車体バネ下のバネ定数が小さくなる。更に、タイヤやサスペンションが劣化すると、タイヤやサスペンションが硬化することで、車体バネ下のバネ定数は大きくなる。このようにバネ定数が変化すると、車体バネ下の上下方向および前後方向の共振周波数が変化する。具体的には、共振周波数は、バネ定数が小さくなると低周波数側に移行し、バネ定数が大きくなると高周波数側に移行する。

【0017】従って、タイヤの空気圧が一定の値に維持されているにもかかわらず、バネ下の共振周波数が高くなる場合には、タイヤやサスペンションが硬化したと判断できる。タイヤやサスペンションの硬化は、周囲の温度低下によって生じると共に、それらの劣化によっても生じる。このため、上記の状況下で周囲の温度が変化しない場合には、タイヤやサスペンションが劣化したと判断することができる。タイヤやサスペンションが劣化した場合には、かかる車輪に過度の荷重を作用させるのは適切ではない。

【0018】また、タイヤの空気圧が一定の値に維持されているにもかかわらず、バネ下の共振周波数が低くなる場合には、タイヤやサスペンションが軟化したと判断できる。かかる軟化は、周囲の温度上昇によって生じたと判断できる。このような軟化が過度に生じた場合にも、かかる車輪に過度の荷重を作用させるのは適切ではない。

【0019】一方、車体バネ下の共振周波数の低下と共にタイヤ空気圧が小さくなる場合には、そのタイヤ空気圧がタイヤの種類に応じた正常な範囲内にある限り、車両の走行特性は低下していないと判断できる。これに対

して、タイヤ空気圧が正常値を下回った場合は車両の走行性能が低下していると判断できる。タイヤ空気圧が低下している場合には、車輪に過度な荷重を作用させるのは適切ではない。尚、タイヤの正常な空気圧は、タイヤの種類に応じて異なる。

【0020】図3は、タイヤの種類に応じて変化するタイヤの空気圧 P と車体バネ下のバネ定数 K との関係を表したマップを示す。尚、図3中において実線で囲まれた領域は、それぞれ、図示したタイヤと判断できる範囲を示している。スタッドレスタイヤは軟性の高い素材で構成されているので、車体バネ下のバネ定数 K は、タイヤ空気圧にかかわらず、小さく抑えられる。また、スポーティータイヤは偏平率が低くなるように構成されているので、車体バネ下のバネ定数 K は大きく、タイヤ空気圧の低下と共にリニアに低下する。更に、ランフラットタイヤはタイヤの空気圧が低圧状態になっても車両の走行が維持できるように構成されているので、バネ定数 K は、タイヤ空気圧にかかわらず、大きく維持される。このように、タイヤ空気圧 P と車体バネ下のバネ定数 K との関係を把握することとすれば、タイヤの種類を特定することが可能となる。

【0021】そして、タイヤの空気圧 P が、種類が特定されたタイヤに応じて設定された正常範囲を下回る場合には、車両の走行性能が低下していると判断できる。また、タイヤの空気圧 P が正常な範囲を逸脱していないにもかかわらず車体バネ下のバネ定数 K が過度に変化する場合には、タイヤやサスペンションの状態が変化していると判断できる。従って、タイヤの空気圧 P と車体バネ下のバネ定数 K とを検出することにより、タイヤやサスペンションの状態、すなわち、車両の走行特性を正確に認識することが可能となる。

【0022】図4は、上記の機能を実現すべく、本実施例の車両特性検出装置において特性判定ECU10が実行する制御ルーチンの一例のフローチャートを示す。図4に示すルーチンは、所定時間ごとに起動される定時割り込みルーチンである。図4に示すルーチンが起動されると、まずステップ100の処理が実行される。尚、図4に示すルーチンは、各車輪についてそれぞれ実行される。

【0023】ステップ100では、車輪速センサ12、圧力センサ14、外気温センサ20、および、ステア角センサ22に基づいて、車輪速 V_w 、タイヤの空気圧 P 、外気温 T 、および、ステア角 θ が検出される。ステップ102では、検出された車輪速 V_w に対して高速フーリエ変換を実行することにより、車体バネ下の上下方向および前後方向の共振周波数が演算されると共に、演算された共振周波数に基づいて車体バネ下のバネ定数 K が演算される。

【0024】ステップ104では、前回のルーチンから今回のルーチンにかけてタイヤの空気圧が所定圧 ΔP_0

以上変化したか否かが判別される。尚、所定変化率 ΔP_0 は、車両に搭載されるタイヤが古いタイヤから新しいタイヤに交換されたと判断できる最小の空気圧変化であり、バースト等に起因してタイヤ空気圧が変化する場合に比して大きな値に設定されている。タイヤ空気圧の変化率 ΔP が所定変化率 ΔP_0 以上に変化した場合は、タイヤが交換されたと判断できる。従って、 $\Delta P \geq \Delta P_0$ が成立すると判別された場合は、次にステップ106の処理が実行される。

【0025】ステップ106では、図3に示すマップを参照することにより、車両が現在搭載しているタイヤの種類が特定される。ステップ108では、上記ステップ106で特定されたタイヤにおける空気圧の正常範囲（下限値 P_{Ti1} 、上限値 P_{Ti2} ）、および、かかるタイヤを搭載する車両において許容される車体バネ下のバネ定数の変化量 ΔK_{T1} が読み出される。本ステップ108の処理が実行されると、タイヤの種類に応じて、タイヤ空気圧の正常範囲（下限値 P_{dwsh} 、上限値 P_{upsh} ）およびバネ定数の変化量 ΔK_{sh} が設定される。尚、外気温が高くなるほど、タイヤは軟化し、車体バネ下のバネ定数は小さくなる。また、車両旋回中は旋回外輪側のタイヤに大きな荷重が作用するので、車体バネ下のバネ定数は大きくなる。このため、上記のパラメータの設定に当たっては、外気温およびステア角が加味される。

【0026】ステップ110では、上記ステップ100で検出されたタイヤ空気圧 P が、上記ステップ108で設定された正常範囲内にあるか否かが判別される。その結果、 $P_{dwsh} \leq P \leq P_{upsh}$ が成立する場合は、タイヤの空気圧は正常な値であると判断できる。従って、かかる判別がされた場合は、次にステップ112の処理が実行される。一方、 $P_{dwsh} \leq P \leq P_{upsh}$ が成立しない場合は、タイヤの空気圧が正常な値でなく、車両の走行性能が低下していると判断できる。従って、かかる判別がなされた場合は、次にステップ114の処理が実行される。

【0027】ステップ112では、前回のルーチンから今回のルーチンにかけて変化した車体バネ下のバネ定数の変化量 ΔK が、上記ステップ108で設定されたしきい値 ΔK_{sh} 以下であるか否かが判別される。その結果、 $|\Delta K| \leq \Delta K_{sh}$ が成立する場合は、車体バネ下のバネ定数がタイヤの種類に応じて適切な範囲内で変化していると判断できる。従って、かかる判別がなされた場合は、今回のルーチンは終了される。一方、 $|\Delta K| \leq \Delta K_{sh}$ が成立しない場合は、タイヤの空気圧が正常な値の範囲内にあるにもかかわらず、タイヤやサスペンションの劣化等に起因して車体バネ下のバネ定数が不当に変化していると判断できる。従って、かかる判別がなされた場合は、次にステップ114の処理が実行される。

【0028】ステップ114では、車両において走行性能が低下していると判定されて、かかる信号が外部に出

力される。本ステップ114の処理が実行されると、警報ランプ24が駆動されて、車両乗員に走行特性の低下が認識される。上記の処理によれば、タイヤの空気圧および車体バネ下のバネ定数に基づいて、タイヤの種類を特定することができると共に、車体バネ下のタイヤやサスペンションの状態を認識することができる。このため、本実施例によれば、車体バネ下の状態を正常な場合のものと比較することにより、現時点の車両の走行性能が低下しているのか否かを判定することが可能となる。

【0029】図5は、本実施例の車両特性検出装置を搭載する車両の後輪操舵装置30のシステム構成図を示す。後輪操舵装置30は、後輪操舵用電子制御ユニット（以下、後輪操舵ECUと称す）32を備えている。後輪操舵装置30は、後輪操舵ECU32に制御されることにより、後輪を転舵させる力を発生する。後輪操舵装置30は、左後輪RLと右後輪RRとをナックルアーム34を介して互いに連結させるラックバー36を備えている。ラックバー36には、電動モータ38が係合されている。電動モータ38は、後輪操舵ECU32に接続されており、後輪操舵ECU32から指令信号を供給されることにより、その指令信号に応じた操舵力をラックバー36に付与する。後輪操舵装置30は、電動モータ38を動力原として後輪RL、RRを転舵させる。

【0030】後輪操舵ECU32には、後輪舵角センサ40および上述のステア角センサ22が接続されている。後輪舵角センサ40は、ラックバー36に配設されており、後輪RL、RRの舵角に応じた信号を出力する。また、ステア角センサ22は、ステアリングホイール42と共に回転するステアリングシャフト44に固定されている。後輪操舵ECU32は、後輪操舵角センサ40の出力信号に基づいて後輪RL、RRの舵角 δr を検出すると共に、ステア角センサ22の出力信号に基づいてステアリングホイール42のステア角 θ を検出する。

【0031】後輪操舵ECU32には、また、車輪速に応じたパルス信号を出力する上記の車輪速センサ12、および、車両の重心回りに生じる回転角速度に応じた信号を出力するヨーレートセンサ46が接続されている。後輪操舵ECU32は、これらの出力信号に基づいて、各車輪の車輪速 V_w およびヨーレート γ を検出する。後輪操舵ECU32には、更に、上述した特性判定ECU10が接続されている。後輪操舵ECU32は、後述する如く、特性判定ECU10から供給される信号に基づいて車両の走行性能が低下したか否かを判別し、後輪を転舵させる際の制御特性を変化させる。

【0032】以下、本実施例の後輪操舵装置30において実行される制御の内容について説明する。前輪FL、FRが転舵されている場合、すなわち、車両が旋回している場合、および、車両が強い横風を受けた場合には、車両の重心回りにヨーレート γ が生じる。かかる場合に

車輪速 V_w およびステア角 θ に応じた適正なヨーレート γ が実現されている場合には、車両は安定した挙動を維持しながら走行していると判断できる。一方、車輪速 V_w およびステア角 θ に応じた適切なヨーレート γ が実現されていない場合には、車両挙動が不安定である、すなわち、走行安定性が低下していると判断できる。このため、高い走行安定性を実現するためには、車両の重心回りに生じるヨーレート γ を、車輪速 V_w およびステア角 θ に応じたヨーレートに変更することが適切である。

【0033】また、車両が旋回している場合には、車体の向く方向と重心の進行方向とが異なっている。以下、この間の角度を車体スリップ角 β と称す。車体スリップ角 β が大きい場合には、車両に大きな横滑りが生じていると判断できる。かかる場合は、ステアリング操作に対して車両が適切に操舵されていないと判断でき、操舵応答性が低下していると判断できる。また、車体スリップ角 β が大きい状況下で車両を逆方向に旋回させた場合には、車体の振り返りが過大となり、優れた走行安定性を実現することができなくなってしまう。このため、高い走行安定性および高い操舵応答性を実現するためには、車体スリップ角 β を小さくすることが適切である。

【0034】本実施例において、後輪操舵ECU32は、ステアリングホイール42のステア角 θ と車輪速 V_w との予め設定されたマップに従って、目標となる車体スリップ角 β_{des} およびヨーレート γ_{des} を演算する。以下、この車体スリップ角およびヨーレートを、それぞれ目標車体スリップ角 β_{des} および目標ヨーレート γ_{des} と称す。また、後輪操舵ECU32は、ステア角 θ 、車輪速 V_w 、後輪舵角 δr 、および、ヨーレート γ を所定の車両運動モデルに代入することにより、車両に生じていると推定される車体スリップ角を演算する。以下、この車体スリップ角を推定車体スリップ角 β_e と称す。

【0035】本実施例において、後輪操舵ECU32は、目標車体スリップ角 β_{des} と推定車体スリップ角 β_e との偏差 $|\beta_{des} - \beta_e|$ が小さくなるように、かつ、目標ヨーレート γ_{des} と実ヨーレート γ との偏差 $|\gamma_{des} - \gamma|$ が小さくなるように、電動モータ38に適当なディーティ比を有する駆動信号を供給する。かかる手法によれば、車体スリップ角 β およびヨーレート γ が目標値に一致するように後輪RL、RRを転舵することができ、その結果、優れた走行安定性および優れた操舵応答性を実現することが可能となる。

【0036】図6は、本実施例の車両特性検出装置を搭載する車両の旋回挙動制御装置（以下、VSC装置と称す）50のシステム構成図を示す。VSC装置50は、旋回挙動電子制御ユニット（以下、旋回ECUと称す）52を備えている。VSC装置50は、旋回ECU52に制御されることにより、各車輪に適当な制動力を発生させ、車両の旋回挙動の安定化を図る。

【0037】本実施例において、車両は、車輪に制動力

を発生させる液圧制御装置54を有している。液圧制御装置54は、ブレーキペダル56を備えている。ブレーキペダル56は、バキュームブースタ58に連結されている。バキュームブースタ58は、ブレーキペダル56が踏み込まれた際にブレーキ踏力に対して所定の倍力比を有するアシスト力を発生する。バキュームブースタ58には、マスタシリンダ60が固定されている。マスタシリンダ60の内部には、液圧室62が形成されている。液圧室62には、ブレーキ踏力とアシスト力との合力に応じたマスタシリンダ圧が発生する。

【0038】マスタシリンダ60の液圧室62には、液圧通路64を介して切り換え弁66が連通している。切り換え弁66は、また、液圧通路68を介してポンプ70およびアキュムレータ72に連通している。ポンプ70は、補助リザーバ74からブレーキフルードを吸入し、そのブレーキフルードを所定の吐出圧で液圧通路68に吐出する。また、アキュムレータ72は、ポンプ70から吐出されたブレーキフルードの吐出圧を蓄えて、所定の場合に切り換え弁66に向けてブレーキフルードを吐出する。

【0039】切り換え弁66には、液圧通路76を介して、各車輪に設けられたホイールシリンダ（図示せず）が連通している。切り換え弁66は、常態で液圧通路64と液圧通路76とを導通状態とし、旋回ECU52から駆動信号が供給されることにより液圧通路68と液圧通路76とを導通状態にする2位置の電磁弁である。各ホイールシリンダには、制御弁80a～80dが設けられている。制御弁80a～80dは、常態で開弁状態を維持し、旋回ECU52から駆動信号が供給されることにより閉弁状態となる2位置の電磁弁である。

【0040】旋回ECU52には、上述した車輪速センサ12、ステア角センサ22、およびヨーレートセンサ46が接続されている。旋回ECU52は、これらの出

$$SV = k1 \cdot \beta + k2 \cdot d\beta/dt$$

また、車体スリップ角 β の変化率 $d\beta/dt$ 、および、車体スリップ角 β は、それぞれ、車両に作用する横加速度 G_y 、車輪速 V_w 、およびヨーレート γ を用いて、次

$$d\beta/dt = (G_y / V_w) - \gamma$$

$$\beta = \int \{ (G_y / V_w) - \gamma \} dt$$

本実施例において、上記のパラメータ G_y 、 V_w 、 γ は、それぞれ各種センサの出力信号に基づいて検出される。従って、本実施例によれば、車体スリップ角 β およびその変化率 $d\beta/dt$ を演算することができ、車両のスピン傾向を判定するためのスピン度 SV を正確に求めることができる。

【0045】一方、車両がドリフトアウト傾向にある場

$$DV = k3 \cdot \Delta\gamma$$

本実施例において、実ヨーレート γ は、ヨーレートセンサの出力信号に基づいて検出されており、また、目標ヨーレート γ_{des} は、ステア角センサ22の出力信号と車

力信号に基づいて、車輪速 V_w 、ステア角 θ 、およびヨーレート γ を検出する。また、旋回ECU52には、横加速度センサ82が接続されている。横加速度センサ82は、車両の重心付近に作用する車幅方向の加速度に応じた信号を出力する。旋回ECU52は、横加速度センサ82の出力信号に基づいて横加速度 G_y を検出する。更に、旋回ECU52には、上述した特性判定ECU10が接続されている。旋回ECU52は、後述する如く、特性判定ECU10から供給される信号に基づいて車両の走行性能が低下したか否かを判別し、車両の旋回挙動を安定化させる際の制御特性を変化させる。

【0041】ところで、車両の旋回中に車輪速 V_w およびステア角 θ に応じた適正なヨーレート γ が実現されている場合は、車両は、安定した旋回挙動を維持しつつ旋回していると推定できる。一方、車輪速 V_w およびステア角 θ に対して過剰なヨーレート γ が生じている場合は、車両がオーバーステア傾向にある、すなわち、車両がスピン傾向にあると推定できる。また、車輪速 V_w およびステア角 θ に対してヨーレート γ が不足している場合は、車両がアンダーステア傾向にある、すなわち、車両がドリフトアウト傾向にあると推定できる。

【0042】本実施例においては、車両の旋回挙動が安定しているか否かを判定する基準として、スピン度 SV およびドリフト度 DV が用いられる。スピン度 SV は、車両旋回時におけるオーバーステア傾向の度合いである。また、ドリフト度 DV は、車両旋回時におけるアンダーステア傾向の度合いである。以下、スピン度 SV およびドリフト度 DV について説明する。

【0043】車両がスピン傾向にある場合、車体スリップ角 β およびその変化率 $d\beta/dt$ は共に大きな値となっている。従って、本実施例において、スピン度 SV は、定数 $k1$ 、 $k2$ を用いて、次式の如く定義される。

$$\dots (1)$$

式の如く表すことができる。

【0044】

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

合、重心回り C に実際に生じるヨーレート γ は、ステア角 θ および車輪速 V_w に基づいて想定される目標ヨーレート γ_{des} に比して小さな値となっている。従って、本実施例において、ドリフト度 DV は、実ヨーレート γ と目標ヨーレート γ_{des} との偏差 $\Delta\gamma$ 、および、定数 $k3$ を用いて、次式の如く定義される。

【0046】

$$\dots (4)$$

輪速センサ12の出力信号との関係に基づいて演算されている。従って、本実施例によれば、実ヨーレート γ と目標ヨーレート γ_{des} との偏差を演算することができ、

車両のアンダーステア傾向を判定するためのドリフト度DVを正確に求めることができる。

【0047】本実施例において、旋回ECU52は、上記の手法を用いてスピン度SVおよびドリフト度DVを演算し、スピン度SVが所定値SV0以上である場合に車両がスピン傾向にあると判断し、また、ドリフト度DVが所定値DV0以上である場合に車両がドリフトアウト傾向にあると判断する。そして、そのスピン傾向またはドリフト傾向が抑制されるように、各車輪に適当な制動力を発生させる。

【0048】以下、図7を参照して、本実施例のVSC装置50において実行される制御の内容について説明する。図7は、本実施例のVSC装置50において車両が左旋回する状況下で旋回挙動が不安定になった際に実行される制御原理を模式的表した図を示す。尚、図において、点“C”は車両の重心を表す。同図に示す如く、車両が左旋回する場合には、車両の重心C回りに、反時計方向回りにヨーレート γ が生じる。一方、車両が右旋回する場合には、車両の重心C回りに、時計方向回りにヨーレート γ が生じる。

【0049】車両の左旋回中に、図7中に実線矢線で示す如く、旋回外輪側の前輪FRに制動力Fbrkが発生すると、かかる制動力Fbrkは、車両重心Cに対して車両の左旋回を妨げる方向のトルクとして作用する。このため、車両の旋回中に旋回外輪側の前輪FRまたはFLに制動力が発生すれば、車両に生じているヨーレート γ を抑制することができる。一方、図7中に破線矢線で示す如く、後輪RL、RRに制動力Fbrkが発生すると、車両の重心Cが前輪FL、FR側に移動することで、旋回方向の内側に向かう求心力が増大する。また、旋回内側の後輪RLに生じる制動力Fbrkは、重心Cに対して車両の旋回を助勢する方向のトルクとして作用する。このため、車両の旋回中に後輪RL、RRに制動力が発生すれば、ヨーレート γ を助勢することができる。

【0050】本実施例において、旋回ECU52は、車両の走行中の車両挙動を推定する。そして、その推定結果により車両がドリフトアウト傾向にある場合は、切り換え弁66および制御弁80a、80bに駆動信号を供給する。この場合、ポンプ70およびアクチュエータ72から高圧のブレーキフルードが後輪RL、RRのホイールシリンダに供給される。一方、車両が左旋回側にスピン傾向にある場合は、切り換え弁66および制御弁80a、80c、80dに駆動信号を供給する。この場合、ポンプ70およびアクチュエータ72から高圧のブレーキフルードが前輪FRのホイールシリンダに供給される。ホイールシリンダに高圧のブレーキフルードが導かれると、車輪には制動力が発生する。従って、本実施例によれば、車両がドリフトアウト傾向またはスピン傾向にある場合に、車両の旋回挙動の安定化を図ることが可能となる。

【0051】ところで、例えば4輪のうち一輪だけタイヤ空気圧が低下していたり、タイヤ等が劣化している状況下において、後輪操舵制御やVSC制御が、上記の走行性能が低下していない場合と同様の条件で行われると、車両の走行性能が低下しているにもかかわらず、かかる車輪に過度な荷重が作用してしまうおそれがある。過度な荷重が車輪に作用すると、タイヤがバーストしたり、あるいは、タイヤがグリップ限界を容易に越えてしまい、車両の旋回性能および走行安定性が低下する事態が生じる。従って、車両の走行性能が低下している状況下においては、後輪操舵制御やVSC制御を、走行性能が低下していない場合と同様の条件で実行することは適切ではない。

【0052】図8は、車両の走行性能が低下した場合を考慮して、本実施例の後輪操舵装置30において後輪操舵ECU32が実行する制御ルーチンの一例のフローチャートを示す。図8に示すルーチンは、所定時間ごとに起動される定時割り込みルーチンである。図8に示すルーチンが起動されると、まずステップ120の処理が実行される。

【0053】ステップ120では、車輪速センサ12a～12d、ステア角センサ22、後輪舵角センサ40、および、ヨーレートセンサ46に基づいて、車輪速Vwf1、Vwfr、Vwrl、Vwrr、ステア角 θ 、後輪舵角 δr 、および、ヨーレート γ が検出される。ステップ122では、ステア角 θ と車輪速Vwとの関係を表した所定のマップを参照することにより、目標車体スリップ角 β_{des} および目標ヨーレート γ_{des} が演算される。

【0054】ステップ124では、車輪速Vw、ステア角 θ 、後輪舵角 δr 、および、ヨーレート γ を所定の車両運動モデルに代入することにより、車両に生じていると推定される推定車体スリップ角 β_e が演算される。ステップ126では、目標車体スリップ角 β_{des} と推定車体スリップ角 β_e との偏差 $\Delta\beta = |\beta_{des} - \beta_e|$ 、および、目標ヨーレート γ_{des} と実ヨーレート γ との偏差 $\Delta\gamma = |\gamma_{des} - \gamma|$ が演算される。

【0055】ステップ128では、偏差 $\Delta\beta$ および $\Delta\gamma$ が共に“0”となるように目標後輪舵角 δr_{des} が演算される。本ステップ128の処理が実行されると、以後、後輪FL、FRの舵角 δr が目標後輪舵角 δr_{des} に一致するように電動モータ38が駆動される。ステップ130では、特性判定ECU10から出力される走行特性低下信号が受信されたか否かが判別される。走行特性低下信号が供給された場合は、車両の走行性能が低下していると判断できる。かかる場合に車両の挙動を安定化させるためには、後輪操舵制御を実行する際に後輪RL、RRを通常時に比して低速で転舵させることが有効である。従って、走行特性低下信号が受信されたと判別された場合は、次にステップ132の処理が実行される。一方、走行特性低下信号が供給されていない場合は、後輪

操舵制御を通常どおりに実行することが適切である。従って、走行特性低下信号が受信されていないと判別された場合は、次にステップ134の処理が実行される。

【0056】ステップ132では、電動モータ38に供給するモータ電流 I を、所定値 I_0 から所定値 α を減算して得られた値にする処理が実行される。ステップ134では、電動モータ38に供給するモータ電流 I を、所定値 I_0 にする処理が実行される。ステップ136では、上記ステップ132または134で演算されたモータ電流 I に応じたデューティ比で電動モータ38に駆動信号が供給される。本ステップ136が実行されると、後輪 R_L 、 R_R の舵角 δ_r が駆動信号に応じて変化する。

【0057】上記の処理によれば、車両の走行性能が低下しているか否かに応じて、電動モータ38に供給するモータ電流を変化させることができる。電動モータ38に供給されるモータ電流が小さくなると、電動モータ38は通常時に比して低速で作動することになり、後輪 R_L 、 R_R は所望の舵角 δ_r に比較的時間をかけて到達することになる。このため、本実施例によれば、車両の走行性能が低下した場合でも、後輪 R_L 、 R_R が急速に操舵されるのを防止することができる。従って、本実施例によれば、車両の走行特性の低下に起因して旋回性能および走行安定性が低下するのを、確実に防止することができる。

【0058】図9は、車両の走行性能が低下した場合を考慮して、本実施例のVSC装置50において旋回ECU52が実行する制御ルーチンの一例のフローチャートを示す。図9に示すルーチンは、所定時間ごとに起動される定時割り込みルーチンである。図9に示すルーチンが起動されると、まずステップ150の処理が実行される。

【0059】ステップ150では、車輪速センサ12a～12d、ステア角センサ22、ヨーレートセンサ46、および、横加速度センサ82の出力信号に基づいて、車輪速 V_w 、ステア角 θ 、ヨーレート γ 、および、横加速度 G_y が検出される。ステップ152では、上記(2)式に従って、車体スリップ角 β の変化率 $d\beta/dt = (G_y/V_w) - \gamma$ が演算されると共に、上記(3)式に従って、すなわち、上記変化率を積分することにより、車体スリップ角 β が演算される。

【0060】ステップ154では、上記ステップ152で演算された車体スリップ角 β およびその変化率 $d\beta/dt$ を上記(1)式に代入することにより、スピン度 SV が演算される。ステップ156では、上記ステップ150で検出された車輪速 V_w およびステア角 θ に基づいて目標ヨーレート γ_{des} が演算される。

【0061】ステップ158では、上記ステップ150で検出されたヨーレート γ と、上記ステップ156で演算された目標ヨーレート γ_{des} との偏差 $|\gamma_{des} - \gamma|$

が演算され、かかる偏差を上記(4)式に代入することにより、ドリフト度 DV が演算される。ステップ160では、特性判定ECU10から出力される走行特性低下信号が受信されたか否かが判別される。走行特性低下信号が供給された場合は、車両の走行性能が低下していると判断できる。かかる場合に旋回挙動を安定化させるためには、VSC制御を通常時に比して早めに開始することが適切である。従って、走行特性低下信号が受信されたと判別された場合は、次にステップ162の処理が実行される。一方、走行特性低下信号が供給されていない場合は、VSC制御を通常どおりに開始することが適切である。従って、走行特性低下信号が受信されていないと判別された場合は、次にステップ164の処理が実行される。

【0062】ステップ162では、VSC制御の開始条件となるスピン度 SV_{sh} を、所定値 SV_0 から所定値 A を減算して得られた値にする処理、および、VSC制御の開始条件となるドリフト度 DV_{sh} を、所定値 DV_0 から所定値 B を減算して得られた値にする処理が実行される。尚、所定値 SV_0 および所定値 DV_0 は、車両の走行性能が低下していない場合に実行されるVSC制御のしきい値である。また、所定値 A および B は、 $A > 0$ 、 $B > 0$ を満足する予め設定された値である。本ステップ162の処理が実行されると、以後、所定値 SV_0 および DV_0 に比して小さいしきい値に従ってVSC制御が実行される。

【0063】ステップ164では、スピン度 SV_{sh} を所定値 SV_0 にすると共に、ドリフト度 DV_{sh} を所定値 DV_0 にする処理が実行される。本ステップ164の処理が実行されると、以後、所定値 SV_0 および DV_0 に従ってVSC制御が実行される。ステップ166では、上記ステップ154で演算されたスピン度 SV が、上記ステップ162または164で設定されたしきい値 SV_{sh} 以上であるか否かが判別されると共に、上記ステップ158で演算されたドリフト度 DV が、上記ステップ162または164で設定されたしきい値 DV_{sh} 以上であるか否かが判別される。その結果、 $SV \geq SV_{sh}$ および $DV \geq DV_{sh}$ が共に成立しない場合は、VSC制御の開始条件が成立していないと判断できる。この場合は、車輪に制動力を発生させる必要はない。従って、 $SV \geq SV_{sh}$ および $DV \geq DV_{sh}$ が共に成立しないと判別された場合は、今回のルーチンは終了される。

【0064】一方、 $SV \geq SV_{sh}$ または $DV \geq DV_{sh}$ が成立する場合は、VSC制御の開始条件が成立していると判断できる。従って、 $SV \geq SV_{sh}$ または $DV \geq DV_{sh}$ が成立すると判別された場合は、次にステップ168の処理が実行される。ステップ168では、何れかの車輪に制動力を発生させる処理が実行される。具体的には、車両がスピン傾向にある場合は、旋回外輪側の前輪 FL または FR に制動力が発生するように、切り換え弁

66、制御弁80aまたは80b、および、制御弁80c、80dに駆動信号が供給される。また、車両がドリフト傾向にある場合は、後輪RL、RRに制動力が発生するように、切り換え弁66、および、制御弁80a、80bに駆動信号が供給される。本ステップ168の処理が実行されると、以後、車両のスピン傾向またはドリフト傾向が抑制されるように車両重心回りにトルクが発生する。本ステップ168の処理が終了すると、今回のルーチンは終了される。

【0065】上記の処理によれば、車両の走行性能が低下しているか否かに応じて、VSC制御のしきい値を変更することができる。VSC制御のしきい値が低くなると、VSC制御が行われ易くなる。このため、本実施例によれば、車両の走行性能が低下する場合でも、車両がスピン傾向やドリフト傾向になることを早めに防止することができる。従って、本実施例によれば、旋回挙動を確実に安定化させることができる。

【0066】尚、上記の実施例においては、特性判定ECU10が、圧力センサ14a~14dの出力信号に基づいて各車輪の車輪速を検出することにより特許請求の範囲に記載された「空気圧検出手段」が、車輪速センサ12の出力信号に基づいて車体バネ下の共振周波数を検出することにより特許請求の範囲に記載された「共振パラメータ検出手段」が、タイヤの空気圧Pおよび車体バネ下の共振周波数に基づいてタイヤやサスペンションの状態を検出することにより特許請求の範囲に記載された「車両特性検出手段」が、それぞれ実現されている。

【0067】また、上記の実施例においては、後輪操舵装置30およびVSC装置50が特許請求の範囲に記載された「制御装置」に相当していると共に、後輪操舵ECU32が上記ステップに代えて上記ステップの処理を実行すること、および、旋回ECU52が上記ステップ164に代えて上記ステップ162の処理を実行することにより特許請求の範囲に記載された「制御特性変更手段」が実現されている。

【0068】ところで、上記の実施例においては、車両の走行特性に応じて後輪操舵装置30およびVSC装置50の制御特性を変更することとしているが、本発明はこれに限定されるものではなく、サスペンション装置や燃料噴射量制御装置に適用することも可能である。この場合、サスペンション装置または燃料噴射量制御装置が特許請求の範囲に記載された「制御装置」に相当する。

【0069】また、上記の実施例においては、後輪操舵

装置30およびVSC装置50は、特性判定ECU10から走行特性低下信号を受信した場合に、それぞれ制御しきい値を一段階だけ下げることとしているが、本発明はこれに限定されるものではなく、特性判定ECU10から出力される信号を変化させることで、上記の制御しきい値を多段階に切り換えることとしてもよいし、リニアに変化させることとしてもよい。

【0070】更に、上記の実施例においては、特性判定ECU10から出力される信号を、後輪操舵装置30およびVSC装置50に共に供給することとしているが、本発明はこれに限定されるものではなく、それらの何れかのみ供給することとしてもよい。次に、図10を参照して、本発明の第2実施例について説明する。

【0071】上記第1実施例では、タイヤやサスペンションの状態、すなわち、車両の走行特性は、まず、特性判定ECU10が車輪速センサ12により出力された車輪速信号に対して高速フーリエ変換を実行することにより車体バネ下の共振周波数を演算し、その演算された共振周波数から推定される車体バネ下のバネ定数に基づいて推定される。

【0072】これに対して、本実施例においては、車両の走行特性は、まず、外乱オブザーバが車輪速センサ12により出力された車輪速信号に基づいて正常なタイヤに加わっている外乱を推定し、その外乱から推定される後述のタイヤモデルのねじりばねのバネ定数Kおよびダンパの減衰係数Dに基づいて推定される。図10は、本実施例において用いられるタイヤモデルを表した図を示す。

【0073】本実施例において、車輪速センサ12の出力信号は、ECU10内の外乱オブザーバに供給される。外乱オブザーバは、図10に示すタイヤモデルに基づいて構成されている。図10に示す如く、車輪200は、剛体のホイールに対応するリム側部202、および、ホイールの外周に取り付けられた弾性体のタイヤに対応するベルト側部204が、互いに並列に接続されたねじりばね206とダンパ208とにより連結されたものとしてモデル化できる。この場合、次式(1)に示す状態方程式が成立し、車輪200の回転運動が線形システムとして表される。上記のタイヤモデルにおいて、車輪速センサ12は、リム側部202の角速度 ω_R に応じた信号を出力することになる。

【0074】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_R \\ \dot{\omega}_B \\ \dot{\theta}_{RB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D/J_R & -D/J_B \\ D/J_B & -D/J_B \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1/J_B \end{bmatrix} T_d \cdots (1)$$

【0075】但し、

ω_R : リム側部202の角速度

ω_R' : リム側部 202 の角加速度
 ω_B : ベルト側部 204 の角速度
 ω_B' : ベルト側部 204 の角加速度
 θ_{RB} : リム側部 202 と ベルト側部 204 とのねじり角
 K : ねじりばね 206 のバネ定数
 D : ダンパ 208 の減衰係数
 J_R : リム側部 202 の慣性モーメント
 J_B : ベルト側部 204 の慣性モーメント
 T_d : 路面からの外乱トルク
 尚、上記 (1) 式の状態方程式には、駆動・制動トルク T_1 に対応するパラメータが存在しないが、これは、(1) 式の状態方程式が車輪 200 の回転運動のうち特に振動に着目し、各パラメータに振動に関する変動成分を表すこととし、駆動・制動トルク T_1 を他のパラメー

タとの関係で固定値とみなしたからである。すなわち、(1) 式の状態方程式では、角速度 ω_R 、 ω_B 、ねじり角 θ_{RB} 、バネ定数 K 、および減衰係数 D が、それぞれ固定成分を除いた変動成分になっている。

【0076】尚、車輪速センサ 12 の出力信号は、フィルタリングにより、設定周波数帯域内にある変動成分のみが抽出されて外乱オブザーバに供給される。外乱オブザーバには、角速度 ω_R の変動成分が入力される。いま、車輪 200 の状態変化により、ねじりばね 206 のバネ定数 K 、および、ダンパ 208 の減衰係数 D が、それぞれ、 $K = K + \Delta K$ および $D = D + \Delta D$ に変化した場合、上記 (1) 式の状態方程式は、次の (2) 式になる。

【0077】

【数2】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -D/J_R & D/J_R & -K/J_R \\ D/J_B & -D/J_B & K/J_B \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} \\
 &+ \begin{bmatrix} 0 \\ -1/J_B \\ 0 \end{bmatrix} T_d + \begin{bmatrix} -\Delta D/J_R & \{\omega_R - \omega_B\} - \{\Delta K/J_R\} \theta_{RB} \\ \Delta D/J_B & \{\omega_R - \omega_B\} + \{\Delta K/J_B\} \theta_{RB} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \quad \dots (2)$$

【0078】すなわち、バネ定数 K および減衰係数 D が、それぞれ $K = K + \Delta K$ および $D = D + \Delta D$ に変化的ことは、正常なタイヤに (2) 式の右辺の最終項で表される外乱が加わるのと等価である。かかる外乱には、バネ定数 K の変化量 ΔK と、減衰係数 D の変化量 ΔD とが含まれている。バネ定数 K および減衰係数 D はタイヤの空気圧や劣化等の車輪 200 の状態に応じて変化する。従って、上記の外乱を推定することにより、車輪 2

00 の状態変化を推定することができる。

【0079】本実施例においては、上記の外乱を外乱オブザーバにより推定する。路面からのトルク T_d を外乱として扱う場合、推定すべき外乱は、次の (3) 式により表される。

【0080】

【数3】

$$\begin{aligned}
 [w] &= \begin{bmatrix} 0 \\ -1/J_B \\ 0 \end{bmatrix} T_d + \\
 &+ \begin{bmatrix} -\Delta D/J_R & \{\omega_R - \omega_B\} - \{\Delta K/J_R\} \theta_{RB} \\ \Delta D/J_B & \{\omega_R - \omega_B\} + \{\Delta K/J_B\} \theta_{RB} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \quad \dots (3)$$

【0081】しかし、理論上、外乱 $[w]$ の中の一つの要素しか推定することができないので、外乱 $[w]$ の第

$$w_2 = (\Delta D/J_B) (\omega_R - \omega_B) + (\Delta K/J_B) \theta_{RB} - T_d/J_B + n$$

... (4)

但し、 n は、外乱を第2要素しか推定しないために生ずる誤差項である。

【0082】これにより、車輪 200 の状態方程式は、

2要素である w_2 を推定することにする。外乱 w_2 は、次の (4) 式により表される。

以下の (5) 式となる。

【0083】

【数4】

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -D/J_R & D/J_R & -K/J_R \\ D/J_B & -D/J_B & K/J_B \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} w_2
 \end{aligned}
 \quad \dots (5)$$

【0084】外乱オブザーバは、外乱をシステムの状態変数の一つとして推定するものである。そこで、(4)式の外乱 w_2 をシステムの状態に含めるために、推定す

$$w_2' = 0$$

これは、連続して変化する外乱を階段状に近似(零次近似)することを意味し、外乱オブザーバの外乱推定速度を、推定すべき外乱の変化に比して十分に大きくすることによれば、上記の近似は十分に許容される。上記

$$\begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \\ w_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D/J_R & D/J_R \\ D/J_B & -D/J_B \\ 1 & -1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \\ w_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -K/J_R \\ K/J_B \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \\ w_2 \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

べき外乱 w_2 のダイナミクスを次の(6)式で近似する。

(6)式より、外乱 w_2 をシステムの状態に含めると、次の(7)式の拡張系が構成される。

【0085】

【数5】

$$\begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \\ w_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D/J_R & D/J_R & 0 & 0 \\ D/J_B & -D/J_B & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \\ w_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -K/J_R \\ K/J_B \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \\ w_2 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

【0086】上記(7)式において、リム側部202の角速度 ω_R のみが検出可能であり、 $[\omega_B \ \theta_{RB} \ w_2]^T$ (=状態 $[z]$)が検出することができない。従って、このシステムに基づいて外乱オブザーバを構成すれば、外乱 w_2 と、元々検出できない状態変数 ω_B 、

θ_{RB} とを推定することができる。記述を簡単にするために、(7)式のベクトルおよび行列を分解して次の如く表すこととする。

【0087】

【数6】

$$\begin{bmatrix} x_a \\ x_b \\ u \\ A_{11} \\ A_{12} \\ A_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ 0 \\ -D/J_R \\ D/J_R \\ D/J_B \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \theta_{RB} \\ -K/J_R \\ 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} w_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

$$[A_{22}] = \begin{bmatrix} -D/J_B & K/J_B \\ -1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}^T$$

【0088】この場合、状態 $[z] = [\omega_B \ \theta_{RB} \ w_2]^T$ を推定する最小次元オブザーバの構成は、次の

$$\begin{aligned} [z_p'] &= [A_{21}] [x_a] + [A_{22}] [z_p] + [B_2] [u] + [G] \\ &\{ [x_a'] - ([A_{11}] [x_a] + [A_{12}] [z_p] + [B_1] [u]) \} \\ &= ([A_{21}] - [G] [A_{11}]) [x_a] + ([A_{22}] - [G] [A_{12}]) [z_p] \\ &+ [G] [x_a'] + ([B_2] - [G] [B_1]) [u] \end{aligned} \quad \dots (8)$$

但し、

$[z_p]$: $[z]$ の推定値
 $[z_p']$: 推定値 $[z_p]$ の変化率
 $[G]$: 外乱オブザーバの推定速度を決めるゲイン

また、真値 $[z]$ と推定値 $[z_p]$ との誤差 $[e]$ を $[e] = [z] - [z_p]$ とし、誤差 $[e]$ の変化率を $[e']$ とすると、次の(9)式の関係が成立する。

【0089】

$$[e'] = ([A_{22}] - [G] [A_{12}]) [e] \quad \dots (9)$$

これは、外乱オブザーバの推定特性を表しており、行列 $([A_{22}] - [G] [A_{12}])$ の固有値が外乱オブザーバの極となる。従って、この固有値が s 平面の左半面において原点から離れるほど外乱オブザーバの推定速度が大きくなる。オブザーバゲイン $[G]$ は所望の推定速度になるように設定すればよい。

【0090】以上のようにして構成された外乱オブザーバによれば、車輪200の車輪速 Vw から演算された角

速度 ω_R に基づいて、ねじりばね206のバネ定数 K およびダンパ208の減衰係数 D がそれぞれ ΔK および ΔD だけ変化した場合の、外乱 w_2 が推定され、更に、角速度 ω_B およびねじり角 θ_{RB} が推定される。そして、最小二乗法を用いて、バネ定数 K の変化量 ΔK および減衰係数 D の変化量 ΔD が推定され、車輪200の状態変化が推定される。

【0091】従って、本実施例によれば、上記したタイ

ヤモデルにおけるバネ定数、減衰係数D、およびタイヤの空気圧Pに基づいて、タイヤやサスペンションの状態、すなわち、車両の走行特性を正確に検出することが可能となり、車両の走行性能が低下しているか否かを判定することが可能となる。車両の走行性能が低下している場合は、上記第1実施例の場合と同様に、後輪RL、RRが急速に操舵されるのが防止されると共に、自車両がスピン傾向やドリフト傾向になるのが防止される。このため、本実施例によれば、車両の走行特性の低下に起因して旋回性能や走行安定性が低下するのを確実に回避することができる。

【0092】尚、上記の実施例においては、特性判定ECU10が、車輪速センサ12の出力信号に基づいてねじりばね206のバネ定数Kおよびダンパ208の減衰係数Dを推定することにより特許請求の範囲に記載された「共振パラメータ検出手段」が、タイヤの空気圧P、ねじりばね206のバネ定数K、およびダンパ208の減衰係数Dに基づいてタイヤやサスペンションの状態を検出することにより特許請求の範囲に記載された「車両特性検出手段」が、それぞれ実現されている。

【0093】

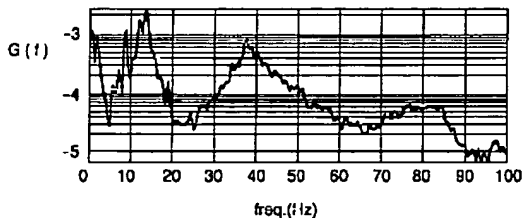
【発明の効果】上述の如く、請求項1乃至3記載の発明によれば、車両の走行特性を正確に把握することができる。また、請求項4記載の発明によれば、走行性能を低下させることなく、車両を適正に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の車両特性検出装置の構成図である。

【図2】本実施例において車輪速Vwに対して高速フーリエ変換を行った際の周波数解析の結果を示す図である。

【図2】



【図3】タイヤの種類に応じて変化するタイヤの空気圧Pと車体バネ下のバネ定数Kとの関係を表したマップである。

【図4】本実施例の車両特性検出装置において実行される制御ルーチンの一例のフローチャートである。

【図5】本実施例の車両特性検出装置を搭載する車両の後輪操舵装置のシステム構成図である。

【図6】本実施例の車両特性検出装置を搭載する車両の旋回挙動制御装置のシステム構成図である。

【図7】本実施例のVSC装置において車両が左旋回する状況下で旋回挙動が不安定になった際に実行される制御原理を模式的に表した図である。

【図8】本実施例の後輪操舵装置において実行される制御ルーチンの一例のフローチャートである。

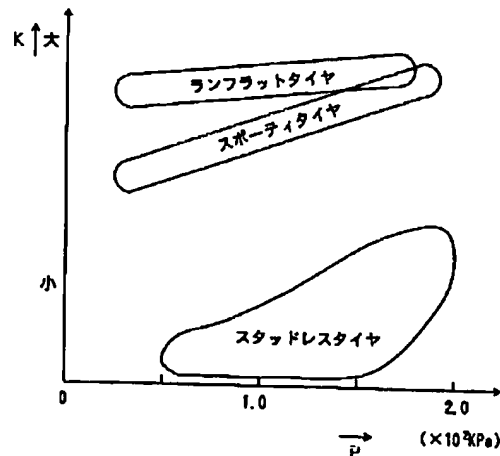
【図9】本実施例のVSC装置において実行される制御ルーチンの一例のフローチャートである。

【図10】本発明の第2実施例において用いられるタイヤモデルを表した図である。

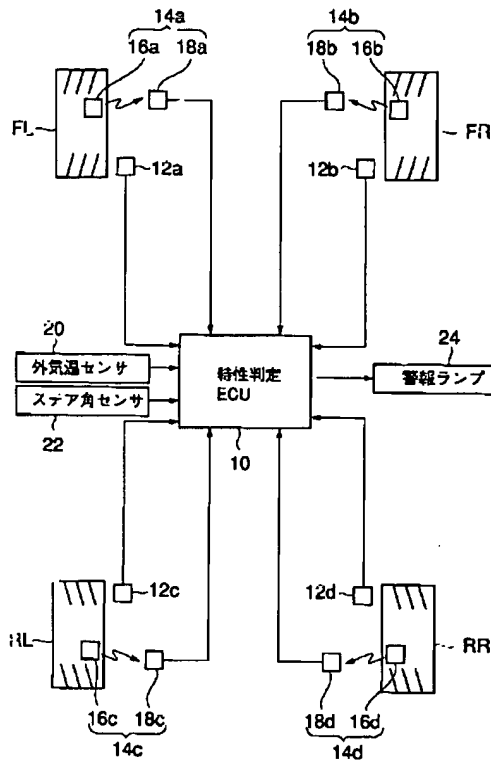
【符号の説明】

- 10 車両特性判定電子制御ユニット（特性判定ECU）
- 12a～12d 車輪速センサ
- 14a～14d 圧力センサ
- 30 後輪操舵装置
- 32 後輪操舵用電子制御ユニット（後輪操舵ECU）
- 38 電動モータ
- 50 旋回挙動制御装置（VSC装置）
- 52 旋回挙動電子制御ユニット（旋回ECU）
- 66 切り換え弁
- 80a～80d 制御弁
- FL, FR, RL, RR 車輪

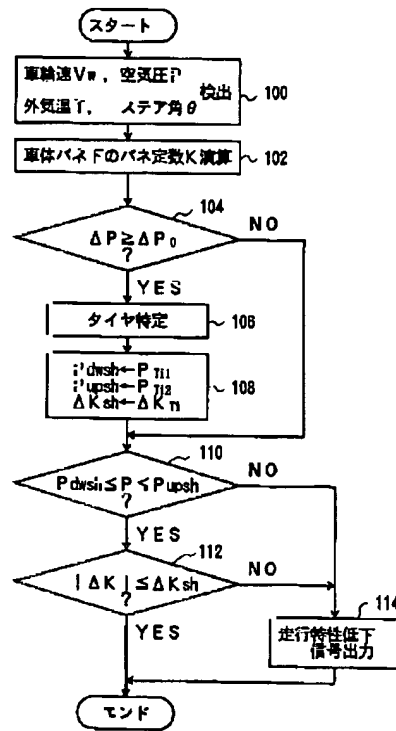
【図3】



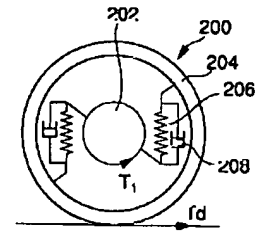
【図1】



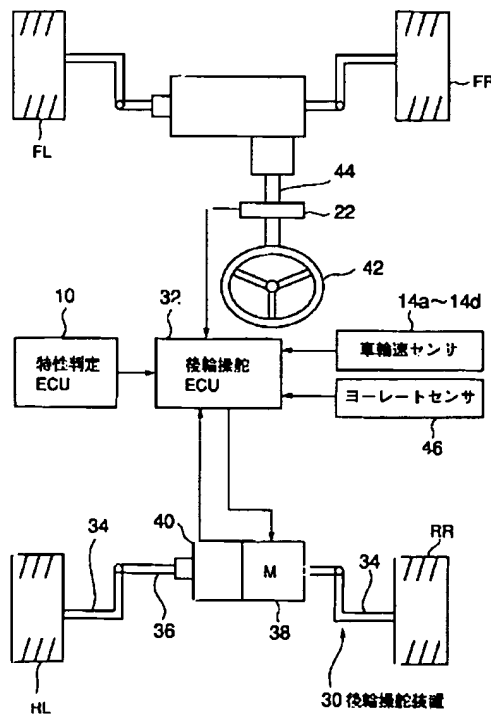
【図4】



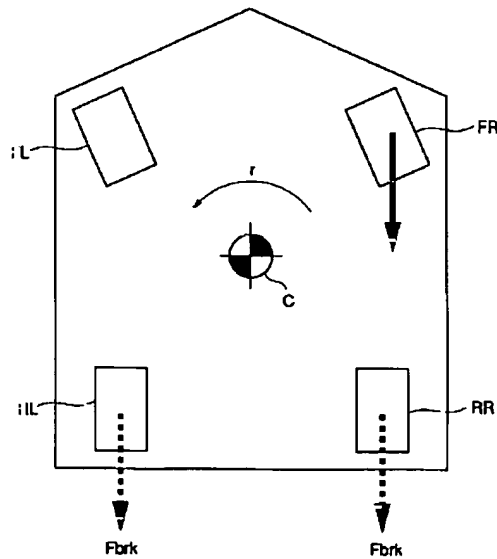
【図10】



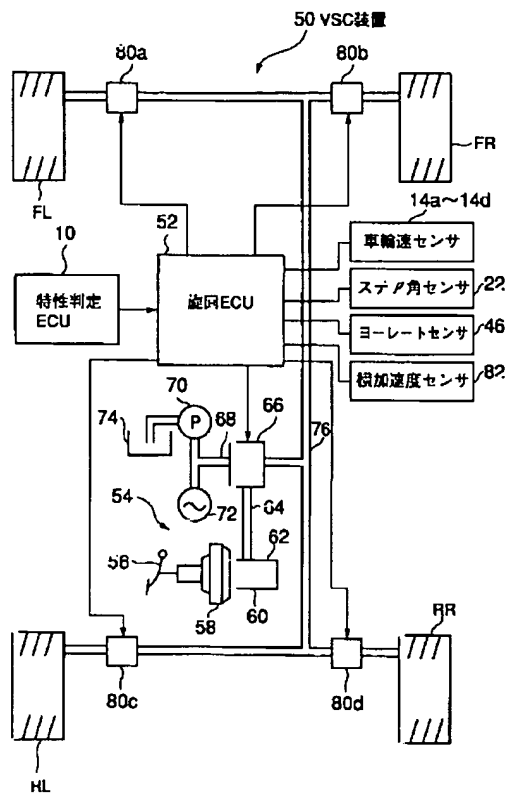
【図5】



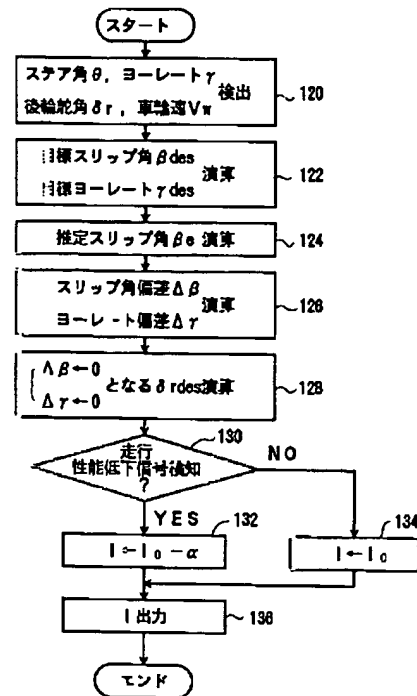
【図7】



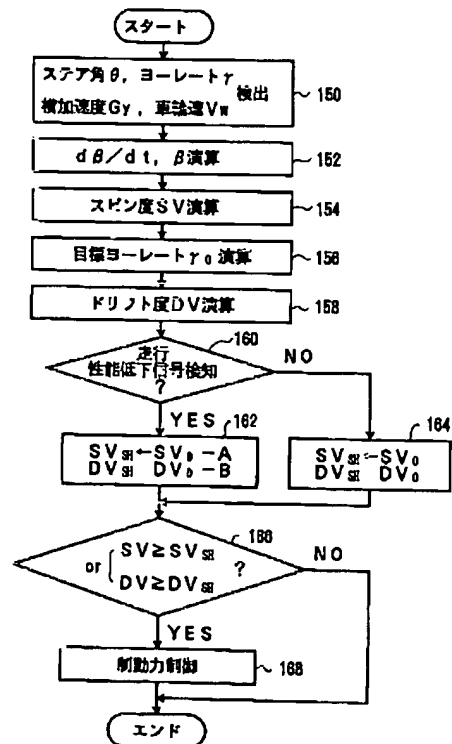
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | (参考) |
|--------------------------|------|--|------|
| B 6 2 D 7/14 | | B 6 2 D 7/14 | A |
| // B 6 2 D 101:00 | | | |
| 107:00 | | | |
| 111:00 | | | |
| 113:00 | | | |
| 137:00 | | | |
| (71)出願人 000004260 | | (72)発明者 浅野 憲司 | |
| 株式会社デンソー | | 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシ | |
| 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 | | ン精機株式会社内 | |
| (72)発明者 大橋 秀樹 | | (72)発明者 井上 祐一 | |
| 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動 | | 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会 | |
| 車株式会社内 | | 社デンソー内 | |
| (72)発明者 米谷 正弘 | | F ターム(参考) 3D001 AA02 AA12 DA17 EA02 EA08 | |
| 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動 | | EA16 EA36 EA42 EA46 EB13 | |
| 車株式会社内 | | EC11 ED06 | |
| (72)発明者 梅野 孝治 | | 3D032 CC39 DA03 DA24 DA29 DA33 | |
| 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 | | DA52 DA73 DA93 DB02 DB13 | |
| 地の 1 株式会社豊田中央研究所内 | | DC03 DC35 DD02 DE02 EA06 | |
| (72)発明者 中川 稔章 | | EB04 EC23 FF01 FF03 | |
| 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番 | | 3D034 CC02 CC09 CD04 CD06 CD07 | |
| 地の 1 株式会社豊田中央研究所内 | | CD13 CD20 CE03 CE13 | |
| (72)発明者 森 雪生 | | 3D045 BB40 GG00 GG25 GG26 GG28 | |
| 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 アイシ | | 3D046 BB21 GG10 HH08 HH15 HH16 | |
| ン精機株式会社内 | | HH21 HH25 HH36 HH55 | |